

Pendekatan *Fuzzy FMEA* dalam Analisis Faktor Risiko Kecelakaan Kerja

Ronald Sukwadi¹, Frederikus Wenehenubun², Tarsina Wati Wenehenubun³

^{1,3}) Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jl. Jenderal Sudirman 51, Jakarta 12930

Email: ronald.sukwadi@atmajaya.ac.id, watitarsina@gmail.com

²) Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jl. Jenderal Sudirman 51, Jakarta 12930

Email: frederikus.wen@atmajaya.ac.id

Abstract

This study aims to identify and analyze the risk factors of work accidents. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fuzzy Logic approach are applied. The information obtained from the workers is expressed using fuzzy linguistics terms, and a FMEA method is proposed to determine the risk priority of failure modes. The results indicate that injuries caused when struck by an object are the highest risk factor of work accident (FRPN = 886). Some work improvements are suggested to reduce or eliminate the work risks.

Keywords: Risk factors, work accident, FMEA, Fuzzy

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor risiko kecelakaan kerja. Pendekatan FMEA dan logika fuzzy digunakan dalam penelitian ini. Informasi diperoleh dari pekerja yang dinyatakan dalam linguistik fuzzy, dan metode FMEA digunakan untuk menentukan prioritas faktor risiko kegagalan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kecelakaan karena tertimpa benda memiliki faktor risiko tertinggi (dengan nilai FRPN=886). Beberapa perbaikan kerja disarankan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko kerja tersebut.

Kata kunci: Faktor Risiko, Kecelakaan Kerja, FMEA, Fuzzy

Pendahuluan

Dengan semakin meningkatnya persaingan di bidang usaha maka perusahaan dituntut untuk meningkatkan daya saingnya agar mampu bertahan dalam industri yang bersangkutan dengan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Produk yang akan dihasilkan oleh suatu perusahaan, amat bergantung pada urutan proses produksi yang cermat dan tepat, yang tentu saja ditunjang oleh tersedianya tenaga kerja / operator yang terampil serta lingkungan kerja yang mendukung untuk peningkatan produktivitas pekerja.

Permasalahan yang sering ditemui di perusahaan yaitu kurangnya pemahaman operator atau pekerja tentang pentingnya keselamatan kerja, lingkungan kerja yang tidak nyaman serta berat beban yang melebihi

kemampuan operator yang berisiko terjadinya kecelakaan kerja yang akan berdampak pada produktivitas operator serta kualitas produk yang dihasilkan. Menurut Suma'mur (1989), Kelalaian dalam melakukan suatu pekerjaan dapat mengakibatkan kecelakaan. Kelalaian tersebut dapat disebabkan oleh kelelahan kerja yang dapat menyebabkan kecelakaan atau sakit akibat kerja. Kecelakaan akibat kerja adalah kecelakaan berhubung dengan hubungan kerja pada perusahaan. Hubungan kerja disini dapat berarti, bahwa kecelakaan terjadi dikarenakan oleh pekerjaan atau pada waktu melaksanakan pekerjaan. Dalam hal ini lingkungan kerja berkaitan erat dengan kenyamanan sehingga faktor ergonomik perlu dipertimbangkan dalam mendukung kenyamanan operator saat bekerja serta memberikan pemahaman kepada operator tentang risiko yang bisa terjadi terutama perusahaan ini

masih perusahaan baru beroperasi sehingga untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang akan berisiko terjadi.

Perkembangan angka kecelakaan kerja di Indonesia setiap tahunnya terus bertambah, menurut data BPJS pada tahun 2014, 69,59% kecelakaan terjadi didalam perusahaan saat pekerja bertugas, 10,27% diluar perusahaan dan 20,15% pekerja mengalami kecelakaan lalu lintas dan berdasarkan data dari International Labour Organization (ILO), satu pekerja di dunia meninggal setiap 15 detik karena kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja. ILO juga mencatat, 153 pekerja di dunia mengalami kecelakaan kerja setiap 15 detik.

Berdasarkan data kecelakaan kerja pada PT. ATMI Cikarang, dalam 1 tahun beroperasi sudah terdapat 3 kecelakaan kerja berat diantaranya salah satu operator mengalami patah di beberapa jari tangannya karena tertekan oleh mesin stamping dan kecelakaan ringan lainnya. Oleh sebab itu untuk mencegah dan mengurangi angka kecelakaan kerja yang terjadi maka penelitian ini dibuat agar menambah wawasan operator serta perusahaan untuk lebih mengetahui risiko kecelakaan kerja yang bisa terjadi. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui risiko kecelakaan kerja adalah metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

Menurut Leitch (1995), FMEA merupakan teknik analisis yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan oleh *engineer* selama perancangan dan pengembangan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa metode ini bisa digunakan untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja karena memiliki beberapa kelebihan dibanding metode lain di antaranya hemat biaya, sistematis, dan penyelesaiannya tertuju pada *potensial causes* (penyebab yang potensial). Namun dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, FMEA konvensional dianggap memiliki beberapa kelemahan sebagai alat pengawasan mutu perencanaan, misalnya pernyataan dalam FMEA sering subyektif dan kualitatif (Xu et al., 2002; Yeh & Hsieh, 2007).

Oleh karena itu, untuk menutupi kelemahan metode FMEA tersebut maka perlu didukung oleh metode lain yaitu dengan menggunakan logika fuzzy. Logika ini terbukti telah sukses diintegrasikan dengan metode lain seperti AHP dan TOPSIS (Sukwadi et al, 2014). Menurut

Keskin (2009) menyatakan bahwa penelitian dengan menggunakan logika fuzzy akan memperoleh hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan metode FMEA tradisional. Fuzzy FMEA merupakan pengembangan dari metode FMEA yang memberikan fleksibilitas untuk menampung ketidakpastian akibat samarnya informasi yang dimiliki maupun unsur preferensi yang subjektif yang digunakan dalam penilaian terhadap mode kegagalan yang terjadi (Braglia et al., 2003). Dengan menambah konsep fuzzy pada algoritma FMEA memungkinkan data yang digunakan berupa data linguistik ataupun data numerik yang mana setiap data akan mempunyai nilai keanggotaan pada setiap atributnya. Adapun tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mengidentifikasi faktor – faktor yang berisiko terjadinya kecelakaan kerja
2. Mengetahui faktor yang paling tinggi berisiko kecelakaan kerja dengan nilai RPN dan FRPN tertinggi
3. Memberikan usulan perbaikan untuk faktor risiko kecelakaan tertinggi

1. Metode Penelitian

1.1 Desain Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah PT.ATMI Cikarang, dengan batasan hanya di unit produksi *stamping* dengan jumlah responden sebanyak 20 orang dengan membagikan kuesioner. Responden yang digunakan merupakan operator mesin stamping. Selain itu juga dilakukan observasi terhadap proses permesianan (*stamping*). Periode waktu pengambilan data adalah 3 bulan.

2.2 Alur Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini digambarkan dengan alur metode penelitian pada Gambar 1.

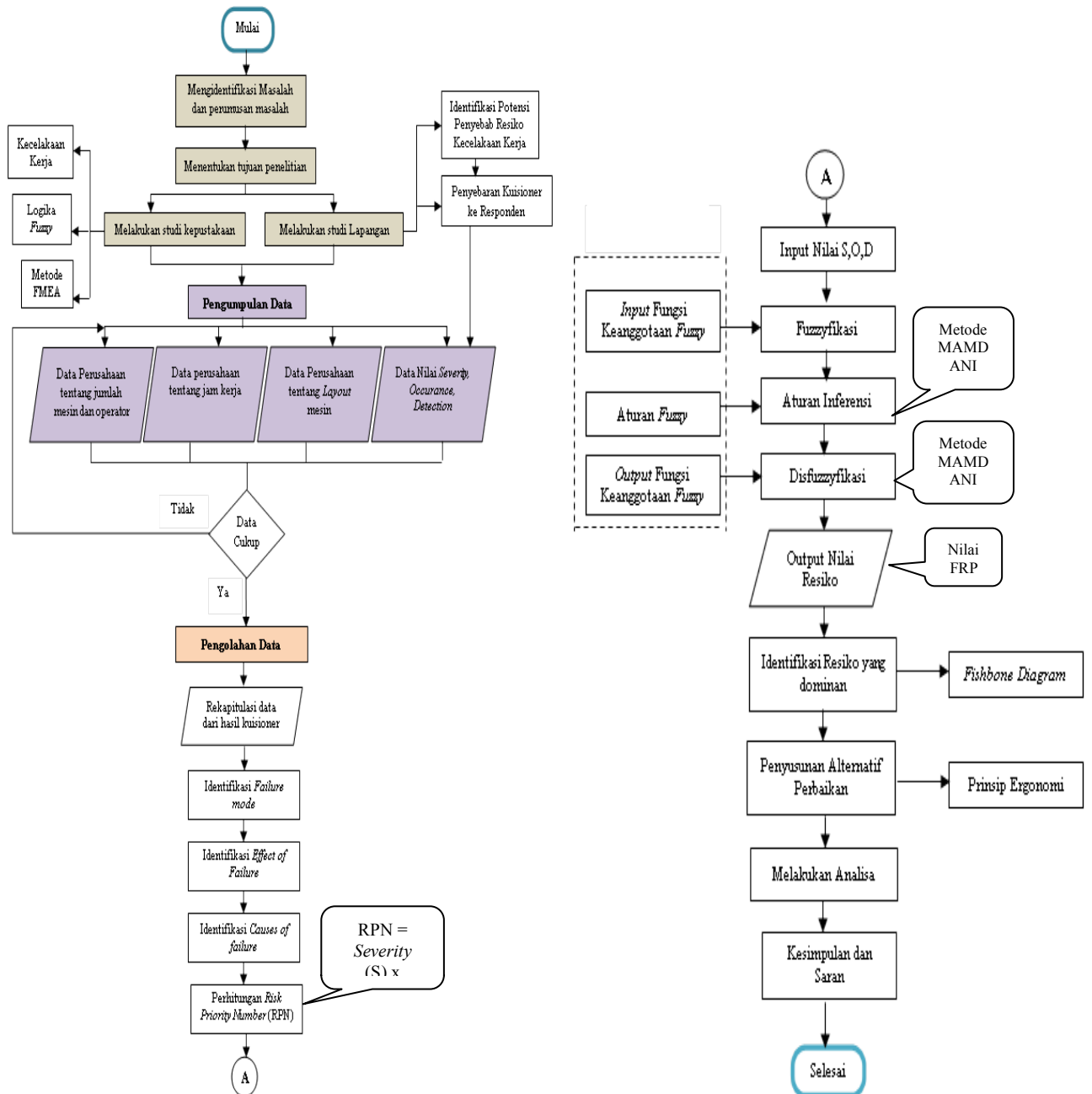
2. Hasil dan Pembahasan

2.1 Hasil perhitungan RPN dari Nilai Severity, Occurrence dan Detection

Contoh perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) seperti berikut:

$$RPN = Severity (S) \times Occurrence (O) \times Detectability (D)$$

$$Failure\ mode: \text{ Tertimpa Benda} \rightarrow RPN = 7.2.5 \times 6.2.5 \times 7.0 = 317.19$$



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan nilai *severity* 7.25 menyatakan bahwa risiko kecelakaan tertimpa benda dapat menyebabkan “cedera berat: menyebabkan cacat atau hilangnya fungsi tubuh”, nilai *Occurrence* 6.25 menyatakan bahwa risiko kecelakaan kerja tertimpa benda terjadi pada tingkat rendah atau mungkin terjadi sewaktu – waktu, nilai *Detection* 7 menyatakan bahwa *Control* memiliki kemungkinan cukup tinggi

untuk mampu mendeteksi penyebab potensial kecelakaan. Rekap lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan RPN

Failure Modes Effects Analysis (FMEA)								
Unit Name:	Unit Produksi Stamping			Prepared by:	Tasrina		Page:	
Process Owner:				FMEA Date (Oris):	Juni 2016		Rev:	
Key Process Step or Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	Severity	Potential Causes	Occurrence	Current Controls	Detection	Risk Priority Number
Proses tapping, Blanking, Drawing, Piercing, Boreling, Trimming, Slitting, Cutting, Forming, Marking, Burring, pemidahan barang	Tertimpa benda	Cidera ringan hingga berat	7.25	Karena penempatan material dan produk belum teratur	6.25	Menyediakan tempat khusus dan mengatur material dan produk agar rapi dan mengontrol agar tetap teratur dengan rapi	7.00	317.19
	Tersenggol material/handling	Cidera ringan hingga berat	6.35	Karena penempatan material/handling yang sembarangan	6.25	Menyediakan tempat khusus untuk meletakkan material/handling	6.60	261.94
	Sakit Pinggang	Cidera pada tulang dan otot operator	5.50	Karena posisi pengangkatan yang salah atau tidak nyaman	6.35	Menyiapkan tempat untuk meletakkan material yang sebelum dan sesudah produksi pada posisi yang nyaman untuk di angkat	6.80	240.38
	Sakit pada lengan	Cidera pada tulang dan otot operator	6.60	Karena beban yang diangkat melebihi kapasitas operator	4.95	Mengontrol berat beban yang diangkat harus sesuai dengan kemampuan operator	6.80	225.42
	Ketidakeamanan saat bekerja	Cidera pada tubuh operator	5.55	Karena posisi mesin lebih tinggi dari operator	6.20	Mengatur ketinggian operator dengan membuat tambahan untuk tempat berdiri yang nyaman dan tidak licin serta kokoh	4.80	165.17
	Kelalahan fisik	Cidera pada tubuh operator	4.90	Karena pekerjaan yang monoton dan dalam waktu lama	7.30	Mengatur waktu istirahat dan mengontrol operator saat bekerja	4.50	160.97
	Ruangan Bising	Gangguan Pendengaran	5.65	Karena tidak menggunakan pelindung telinga (ear plug)	4.95	Mengontrol penggunaan pelindung telinga dan memeriksa kenyamanan jika mengalami gangguan pada telinga	4.95	138.44
	Ketidakeamanan saat bekerja	Cidera pada tulang dan otot operator	4.15	Karena trolley yang digunakan sudah rusak dan tidak seimbang	4.70	Melakukan perbaikan dan mengontrol penggunaan material/handling tidak terlalu banyak barang yang diangkat sehingga sulit di dorong	7.00	136.54
	Ruangan Bising	Gangguan Pendengaran	4.45	Karena bunyi mesin stamping yang keras	5.15	Mengukur tingkat kebisingan dan mengatur supaya mesin - mesin tidak terlalu bersamaan sehingga bunyi yang keluar tidak bersamaan sehingga bunyi tidak terlalu besar	4.40	112.53
	Sakit pada lengan	Cidera pada tulang dan otot operator	5.20	Karena mendorong trolley terlalu lama karena jarak antar stasiun kerja yang berjauhan	3.15	Mengatur penempatan material dan produk jadi serta mesin yang tidak terlalu berjauhan	5.45	106.28
	Terjepit mesin stamping	Cidera pada tubuh operator	7.10	Karena kurang teliti	3.70	Melakukan kontrol mesin berkala, melakukan maintenance mesin jika terjadi kerusakan secepatnya	3.70	37.20
	Mesin cepat panas	Produk rusak dan tangan lecet	3.20	Karena terlambat memberikan pelumas (oli) karena mata bor cepat panas	4.70	Melakukan kontrol terhadap mesin satu mata bor se sering mungkin dan sebelum terlalu panas harus sudah di olei oli	5.05	75.95
	Kursi yang kurang nyaman	Ketidakeamanan saat bekerja	4.80	Karena kursi terbuat dari besi dan digunakan dalam waktu lama	2.90	Menyediakan kursi yang nyaman untuk operator yang menggunakan kursi	5.45	75.86
	Temperatur panas	Ketidakeamanan saat bekerja	3.25	Karena tidak menggunakan pendingin ruangan setiap saat	4.20	Mengatur suhu ruangan sesuai dengan kebutuhan dan mengontrol jika karyawan istirahat semua pendingin di matikan	5.40	73.71
Semua proses pemecinan	Tergores chip/scrap	Luka ringan hingga berat	3.50	Karena tidak menggunakan sarung tangan (Alat Pelindung Diri)	5.15	Melakukan pengawasan untuk penggunaan alat pelindung diri. Serta menyiapkan kotak medis sehingga luka bisa segera di obati	3.00	60.38

3.2. Hasil perhitungan Fuzzy

a. Fuzzifikasi

Tabel 2 menyajikan proses fuzzifikasi nilai Severity, Occurrence dan Detection

Tabel 2. Pengubahan Nilai Severity, Occurrence, dan Detection

Failure Mode	Nilai		Kategori
F1	S	7.25	H
	O	6.25	M
	D	7.00	H
F2	S	6.35	M
	O	6.25	M
	D	6.60	M
F3	S	5.50	M
	O	6.35	M
	D	6.85	M
F4	S	6.60	M
	O	4.95	M
	D	6.90	M
F5	S	5.55	M
	O	6.20	M
	D	4.80	M
F6	S	4.90	M
	O	7.30	H
	D	4.50	M
F7	S	5.65	M
	O	4.95	M
	D	4.95	M
F8	S	4.15	M
	O	4.70	M
	D	7.00	H

(bersambung)

Tabel 2. Pengubahan Nilai Severity, Occurrence, dan Detection (sambungan)

Failure Mode	Nilai		Kategori
F9	S	4.45	M
	O	5.75	M
	D	4.40	M
F10	S	5.20	M
	O	3.75	L
	D	5.45	M
F11	S	7.10	H
	O	3.70	L
	D	3.70	L
F12	S	3.20	L
	O	4.70	M
	D	5.05	M
F13	S	4.80	M
	O	2.90	L
	D	5.45	M
F14	S	3.25	L
	O	4.20	M
	D	5.40	M
F15	S	3.50	L
	O	5.75	M
	D	3.00	L

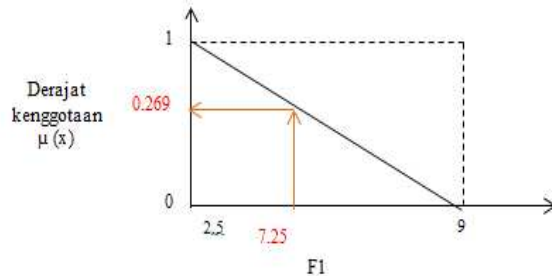
Berikut merupakan contoh perhitungan untuk failure mode (faktor risiko kecelakaan kerja) untuk masing – masing nilai Severity, Occurrence, Detection.

➤ **F1 = S : 7.25 (H) ; O : 6.25 (M) ; D : 7.00 (H)**

Fungsi keanggotaan untuk himpunan S, O dan D pada variable F1 :

$$\mu_S [7.25] = \begin{cases} (9 - 7.25) / (9 - 2.5); & 2.5 \leq 7.25 \leq 9 \\ 0; & 7.25 \geq 9 \end{cases}$$

$$\mu_S (7.25) = (x - a) / (b - a) = (9 - 7.25) / (9 - 2.5) = 0,269$$



Gambar 2. Kurva Himpunan Fuzzy : Severity untuk Failure mode 1

Hasil perhitungan untuk nilai Severity, Occurrence dan Detection untuk masing – masing failure mode (faktor kecelakaan kerja) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Himpunan Keanggotaan Fuzzy pada faktor Severity, Occurrence dan Detection

Failure Mode	Nilai	a	b	Derajat Keanggotaan
F1	S 7.25	2.5	9	0.269
	O 6.25	2.5	9	0.577
	D 7.00	2.5	9	0.308
F2	S 6.35	2.5	9	0.592
	O 6.25	2.5	9	0.577
	D 6.60	2.5	9	0.369
F3	S 5.50	2.5	7.5	0.600
	O 6.35	2.5	7.5	0.770
	D 6.85	2.5	7.5	0.130
F4	S 6.60	2.5	7.5	0.180
	O 4.95	2.5	7.5	0.490
	D 6.90	2.5	7.5	0.120
F5	S 5.55	2.5	7.5	0.610
	O 6.20	2.5	7.5	0.740
	D 4.80	2.5	7.5	0.460
F6	S 4.90	2.5	7.5	0.480
	O 7.30	6	9	0.567
	D 4.50	2.5	7.5	0.400
F7	S 5.65	2.5	7.5	0.630
	O 4.95	2.5	7.5	0.490
	D 4.95	2.5	7.5	0.490
F8	S 4.15	2.5	7.5	0.330
	O 4.70	2.5	7.5	0.440
	D 7.00	2.5	9	0.308

(bersambung)

Tabel 3. Rekapitulasi Himpunan Keanggotaan Fuzzy pada faktor Severity, Occurrence dan Detection (sambungan)

Failure Mode	Nilai	a	b	Derajat Keanggotaan
F9	S 4.45	2.5	7.5	0.390
	O 5.75	2.5	7.5	0.650
	D 4.40	2.5	7.5	0.380
F10	S 5.20	2.5	7.5	0.540
	O 3.75	1	7.5	0.577
	D 5.45	2.5	7.5	0.590
F11	S 7.10	2.5	9	0.708
	O 3.70	1	7.5	0.415
	D 3.70	1	7.5	0.415
F12	S 3.20	1	7.5	0.338
	O 4.70	2.5	7.5	0.440
	D 5.05	2.5	7.5	0.510
F13	S 4.80	2.5	7.5	0.460
	O 2.90	1	7.5	0.292
	D 5.45	2.5	7.5	0.590
F14	S 3.25	1	7.5	0.346
	O 4.20	2.5	7.5	0.340
	D 5.40	2.5	7.5	0.580
F15	S 3.50	1	7.5	0.385
	O 5.75	2.5	7.5	0.650
	D 3.00	1	7.5	0.308

b. Inferensi Fuzzy

Untuk failure mode (faktor risiko kecelakaan kerja) untuk 15 variabel mempunyai 15 rule seperti berikut:

- R1 : If (Severity is H) and (Occurrence is M) and (Detection is H) then (FRPN is VH)
R2 : If (Severity is M) and (Occurrence is M) and (Detection is M) then (FRPN is H)
R3 : If (Severity is M) and (Occurrence is M) and (Detection is M) then (FRPN is H)
R4 : If (Severity is M) and (Occurrence is M) and (Detection is M) then (FRPN is H)
R5 : If (Severity is M) and (Occurrence is M) and (Detection is M) then (FRPN is H)
R6 : If (Severity is M) and (Occurrence is H) and (Detection is M) then (FRPN is H)
R7: If (Severity is M) and (Occurrence is M) and (Detection is M) then (FRPN is H)
R8 : If (Severity is M) and (Occurrence is M) and (Detection is H) then (FRPN is H)
R9 : If (Severity is M) and (Occurrence is M) and (Detection is M) then (FRPN is H)
R10: If (Severity is M) and (Occurrence is L) and (Detection is M) then (FRPN is M-H)
R11: If (Severity is H) and (Occurrence is L) and (Detection is L) then (FRPN is H-VH)
R12 : If (Severity is L) and (Occurrence is M) and (Detection is M) then (FRPN is M)
R13: If (Severity is M) and (Occurrence is L) and (Detection is M) then (FRPN is M-H)
R14 : If (Severity is L) and (Occurrence is M) and (Detection is M) then (FRPN is M)

R15 : If (Severity is L) and (Occurrence is M) and (Detection is L) then (FRPN is L-M)

Setelah memperoleh 15 rule kemudian dengan menggunakan metode Mamdani untuk melakukan inferensi sistem fuzzy. Inferensi sistem fuzzy dengan menggunakan metode Max-Min yang merupakan salah satu metode dalam metode mamdani.

🔧 Aplikasi fungsi implikasi:

Rule 1 : If (Severity is H (7,25)) **and** (Occurrence is M (6,25)) **and** (Detection is H(7,00)) **then** (FRPN is VH)

$$\mu_S = 0,269$$

$$\mu_O = 0,577$$

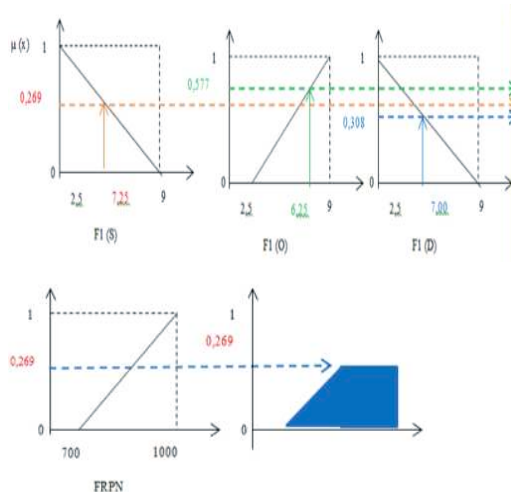
$$\mu_D = 0,308$$

$$\alpha\text{-predikat}_1 =$$

$$= \mu_S H \cap \mu_O M \cap \mu_D H$$

$$= \min(\mu_S H (7,25), \mu_O M (6,25), \mu_D H (7))$$

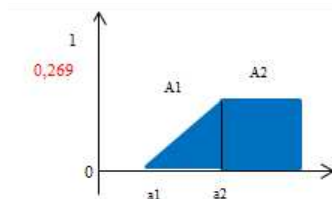
$$= \min(0,269 ; 0,577 ; 0,308) = \mathbf{0,269}$$



Gambar 3. Aplikasi fungsi implikasi untuk R1

c. Komposisi antar aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari tiap aturan, digunakan metode max untuk melakukan komposisi antar semua aturan



Gambar 4. Aplikasi fungsi implikasi untuk R1

Pada Gambar 4, daerah hasil dibagi menjadi 2 bagian, yaitu A1 dan A2. Sekarang kita cari nilai a1 dan a2.

$$(a1 - 700)/800 = 0 ; a1 = 700$$

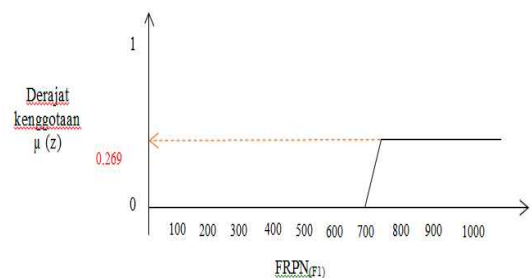
$$(a2 - 700)/800 = 0,269 ; a2 = 915,2$$

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah:

$$\mu [z] = \begin{cases} 0; & z \leq 700 \\ (z - 700)/ 800; & 700 \leq z \leq 915,2 \\ 0,269; & z \geq 915,2 \end{cases}$$

d. Penegasan (defuzzyfikasi)

Metode penegasan yang digunakan adalah metode centroid.



Gambar 5. Daerah Hasil Komposisi (F1)

Dari Gambar 5, dapat dikatakan bahwa daerah hasil komposisi untuk F1 berkisar antara 700 – 1000.

FRPN=

$$\frac{((0+100+200+300+400+500+600)*0) + (700+900+1000+1000)*0,269}{0,269+0,269+0,269+0,269} = \frac{968,40}{1,077} = \mathbf{899}$$

Dari hasil perhitungan FRPN untuk failure mode 1 yaitu tertimpa benda diperoleh nilai FRPN sebesar 899. Hasil perhitungan nilai FRPN secara manual untuk semua failure mode dapat dilihat pada Tabel 4.

3.3. Identifikasi Faktor Risiko Kecelakaan Dominan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi faktor risiko yang dominan atau yang memiliki nilai FRPN tertinggi untuk mengetahui penyebab dari faktor kecelakaan tertinggi dengan menggunakan fishbone diagram. Hasil rank (peringkat) untuk 5 peringkat teratas selain diperoleh dari hasil perhitungan serta presentase nilai FRPN dapat dilihat pada Tabel 5. Faktor risiko kecelakaan kerja yang dominan dipengaruhi oleh beberapa faktor

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai FRPN manual dan *software* Matlab

Failure Mode	Potential Causes	Nilai		Kategori		Kurva	a	b	Derajat Keanggotaan	α -predikat	FRPN (Manual)	FRPN (software)	Rank
Tertimpa benda	Karena penempatan material dan produk belum teratur	S	7.25	H	VH	Turun	2.5	9	0.269	0.269	899	886	1
		O	6.25	M		Naik	2.5	9	0.577				
		D	7.00	H		Turun	2.5	9	0.308				
Tersenggol material handling	Karena penempatan material handling yang sembarangan.	S	6.35	M	H	Naik	2.5	9	0.592	0.369	533	540	5
		O	6.25	M		Naik	2.5	9	0.577				
		D	6.60	M		Turun	2.5	9	0.369				
Sakit Pinggang	Karena posisi pengangkatan yang salah atau tidak nyaman	S	5.50	M	H	Naik	2.5	7.5	0.600	0.130	533	542	4
		O	6.35	M		Naik	2.5	7.5	0.770				
		D	6.85	M		Turun	2.5	7.5	0.130				
Sakit pada lengan	Karena beban yang diangkat melebihi kapasitas operator	S	6.60	M	H	Turun	2.5	7.5	0.180	0.120	533	543	3
		O	4.95	M		Naik	2.5	7.5	0.490				
		D	6.90	M		Turun	2.5	7.5	0.120				
Ketidaknyamanan saat bekerja	Karena posisi mesin lebih tinggi dari operator	S	5.55	M	H	Naik	2.5	7.5	0.610	0.460	533	534	7
		O	6.20	M		Naik	2.5	7.5	0.740				
		D	4.80	M		Naik	2.5	7.5	0.460				
Kelelahan fisik	Karena pekerjaan yang monoton dan dalam waktu lama	S	4.90	M	H	Naik	2.5	7.5	0.480	0.400	533	534	8
		O	7.30	H		Turun	6	9	0.567				
		D	4.50	M		Naik	2.5	7.5	0.400				
Ruangan Bising	Karena tidak menggunakan pelindung telinga (ear plug).	S	5.65	M	H	Naik	2.5	7.5	0.630	0.490	533	534	9
		O	4.95	M		Naik	2.5	7.5	0.490				
		D	4.95	M		Naik	2.5	7.5	0.490				
Ketidaknyamanan saat bekerja	Karena <i>trolley</i> yang digunakan sudah rusak dan tidak seimbang	S	4.15	M	H	Naik	2.5	7.5	0.330	0.308	533	535	6
		O	4.70	M		Naik	2.5	7.5	0.440				
		D	7.00	H		Turun	2.5	9	0.308				
Ruangan Bising	Karena bunyi mesin stamping yang keras	S	4.45	M	H	Naik	2.5	7.5	0.390	0.380	533	533	10
		O	5.75	M		Naik	2.5	7.5	0.650				
		D	4.40	M		Naik	2.5	7.5	0.380				
Sakit pada lengan	Karena mendorong <i>trolley</i> terlalu lama karena jarak antar stasiun kerja yang berjauhan	S	5.20	M	M-H	Naik	2.5	7.5	0.540	0.540	400	483	11
		O	3.75	L		Turun	1	7.5	0.577				
		D	5.45	M		Naik	2.5	7.5	0.590				
Terjepit mesin stamping	Karena kurang teliti	S	7.10	H	H-VH	Turun	2.5	9	0.708	0.415	700	700	2
		O	3.70	L		Turun	1	7.5	0.415				
		D	3.70	L		Turun	1	7.5	0.415				
Mesin cepat panas	Karena terlambat memberikan pelumas (oli) karena mata bor cepat panas	S	3.20	L	M	Turun	1	7.5	0.338	0.338	300	300	13
		O	4.70	M		Naik	2.5	7.5	0.440				
		D	5.05	M		Naik	2.5	7.5	0.510				
Kursi yang kurang nyaman	Karena kursi terbuat dari besi dan digunakan dalam waktu lama.	S	4.80	M	M-H	Naik	2.5	7.5	0.460	0.292	400	469	12
		O	2.90	L		Naik	1	7.5	0.292				
		D	5.45	M		Naik	2.5	7.5	0.590				
Temperatur panas	Karena tidak menggunakan pendingin ruangan setiap saat	S	3.25	L	M	Turun	1	7.5	0.346	0.340	300	300	14
		O	4.20	M		Naik	2.5	7.5	0.340				
		D	5.40	M		Naik	2.5	7.5	0.580				
Tergores chip/scrap	Karena tidak menggunakan sarung tangan (Alat Pelindung Diri).	S	3.50	L	L-M	Turun	1	7.5	0.385	0.308	208	210	15
		O	5.75	M		Naik	2.5	7.5	0.650				
		D	3.00	L		Naik	1	7.5	0.308				

yaitu, manusia, material, mesin, lingkungan dan metode. Gambar 6 menyajikan contoh *fishbone diagram* dari 5 *failure mode* tertinggi.

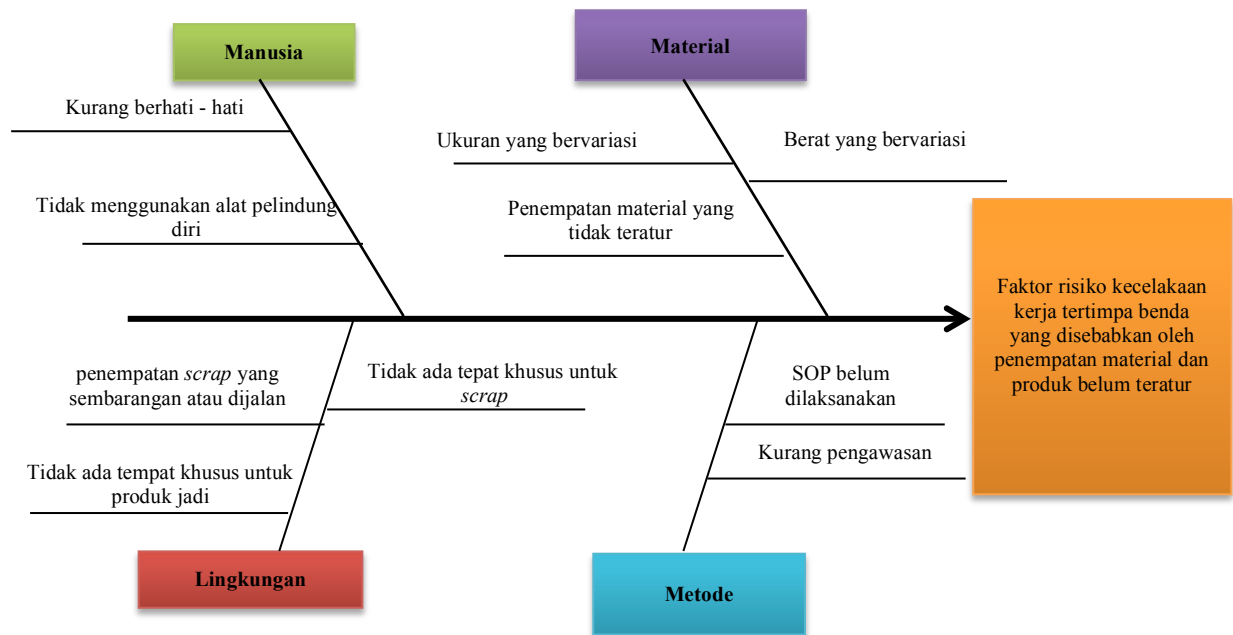
3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Dari hasil identifikasi faktor risiko kecelakaan kerja maka diperoleh 15 faktor risiko kecelakaan kerja yaitu risiko tertimpa benda, tertimpa *material handling*, posisi pengangkatan kurang nyaman, beban yang diangkat melebihi kapasitas operator, mesin lebih tinggi dari operator, posisi berdiri dalam waktu lama, bising, *material andling* tidak nyaman,

terjepit mesin, mesin cepat panas, kursi kurang nyaman, temperatur panas, banyak *chip*.

- Dari hasil perhitungan dengan metode FMEA konvensional diperoleh yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah *failure mode* 1 (F1) atau faktor risiko kecelakaan karena tertimpa benda yang dapat mengakibatkan cedera pada tubuh operator dengan nilai sebesar 317.19 sebagai peringkat 1.
- Dari hasil perhitungan dengan logika *fuzzy* untuk perhitungan manual yang memiliki nilai FRPN terbesar adalah *failure mode* 1 (F1) sebesar 899 sedangkan nilai FRPN dengan menggunakan *software* MATLAB memiliki hasil yang sama dimana yang



Gambar 6. Fishbone Diagram untuk faktor risiko kecelakaan kerja (F1)

merupakan faktor risiko kecelakaan tertinggi adalah *failure mode* 1 (F1) yaitu sebesar 886. Walaupun kedua nilai sedikit berbeda namun tidak mengubah prioritas atau peringkat.

- d) Dari hasil identifikasi faktor risiko kecelakaan kerja dominan yaitu tertimpa benda maka dilakukan beberapa perbaikan kerja seperti:

- Pelatihan K3 untuk operator. Pelatihan ini dilakukan secara berkala.
- Perancangan rak. Perancangan ini mempertimbangkan tingkat keselamatan pekerja dan perlu peralatan khusus untuk menjangkau benda dengan ketinggian tertentu.
- Pembuatan standar operasional prosedur/SOP dan poster K3. SOP bertujuan untuk memandu operator agar bekerja secara benar, aman dan nyaman.

Metode 5R (Rapi, Resik, Rawat, Rajin, Ringkas) dapat diterapkan untuk melakukan penataan dan pembersihan tempat kerja. Bila tempat kerja tertata rapi, bersih dan tertib, maka kemudahan bekerja operator dapat diciptakan dan dengan demikian efisiensi, produktifitas, kualitas dan keselamatan kerja dapat lebih mudah dicapai.

Tabel 5. Nilai FRPN 5 Peringkat Atas

Rank		Failure Mode	Effect	Causes
1	F 1	Tertimpa benda	Cidera ringan hingga berat	Karena penempatan material dan produk belum teratur
2	F 1 1	Terjepit mesin <i>stamping</i>	Cidera pada tubuh operator	Karena kurang teliti
3	F 4	Beban yang diangkat	Cidera pada tubuh operator	Karena beban yang diangkat melebihi kapasitas operator
4	F 3	Posisi pengangkatan	Cidera pada tubuh operator	Karena posisi pengangkatan yang salah atau tidak nyaman
5	F 2	Tertimpa <i>material handling</i>	Cidera ringan hingga berat	Karena penempatan <i>material handling</i> yang sembarangan.

Daftar Pustaka

- Braglia, M., Frosolini, M., & Montanari, R. (2003). Fuzzy criticality assessment model for failure modes and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 20 (4), 503 - 524
- Keskin, G.A., & Ozkan, C. (2009). An alternative evaluation of FMEA: Fuzzy Art Algorithm. *International Journal of Quality and Reliability Engineering*, Vol. 25(6), 647-661
- Leitch, R.D. (1995). *Reliability Analysis for Engineering An Introduction*. New York: Oxford University Press Inc.
- Sukwadi, R., Yang, C.C., & Benny. (2014). Integrasi fuzzy AHP-TOPSIS dalam evaluasi kualitas layanan elektronik rumah sakit, *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Industri*, Vol.16(1), 25-34.
- Suma'mur. (1989). *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: PT. Gunung Agung.
- Xu, K., Tang, L.C., Xie, M., Ho, S.L., & Zhu, M.L. (2002). Fuzzy assessment of FMEA for engine system. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol.75, 17-29.
- Yeh, R.H., & Hsieh, M.H. (2007). Fuzzy assessment of FMEA for a sewage plant. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol. 24, 505-512.

(halaman ini dibiarkan kosong)